

Distribución y abundancia de la macrofauna bentónica vágil en tres arrecifes de la plataforma suroccidental de Cuba.

Distribution and abundance of vagile macrobenthic fauna on three reefs from the southwestern cuban shelf.

Diana R. Ibarzábal

Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba. 1ª, n° 18406, Municipio Playa, Ciudad de la Habana, Cuba.

Resumen

Se estudió la macrofauna vágil de los sustratos rocoso y arenoso de tres arrecifes de barrera de la región suroccidental de la plataforma cubana. Se demostró la influencia de las condiciones ambientales a que están sometidos sobre la infauna y la criptofauna y sus diferencias en cada uno de los arrecifes determinada por la posición geográfica que ocupan cada uno de ellos. Se comparan las abundancias y la distribución de los principales grupos taxonómicos en las zonas del perfil estudiado, desde la laguna arrecifal hasta 25 m en la pendiente externa, así como las diferencias y particularidades de la infauna presente en el sustrato arenoso y en las cavidades rocosas.

Abstract

Vagile macrofauna of both, sandy and rocky substrates of three barrier reefs in southwestern region of cuban shelf are studied. The influence of different environment conditions produced by the geographic position of each reef inside the distribution and abundance of principal taxonomic groups are demonstrated. Differences between the sandy infaunal groups and cryptofaunal groups are studied from the reef lagoon to 25 m deep in outer slope.

Palabras clave: fauna vágil, bentos, arrecife, Cuba.

Key words: vagile faune, benthos, reef, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La plataforma cubana cuenta con una extensa franja de arrecifes coralinos que la rodean. Estos se han estudiado desde diferentes puntos de vista, ZLATARSKI Y MARTÍNEZ-ESTALELLA (1980) realizaron un estudio muy completo de la fauna de corales escleractíneos alrededor de toda Cuba. Otros trabajos como los de ALCOLADO (1979, 1985 y 1989) sobre esponjas y los de HERRERA Y ALCOLADO (1986 y en prensa) sobre gorgonáceos completan el conocimiento de la principal fauna sésil arrecifal.

La fauna bentónica vágil de los arrecifes presenta una marcada importancia en la riqueza de este biotopo entre otras razones por el gran número de especies que la componen y que encuentran en él alimento y refugio al mismo tiempo que constituyen una fuente de alimento para los depredadores bentófagos del arrecife, resultando de esta forma un gran aporte a la trama trófica del mismo.

En el borde de casi toda la plataforma suroccidental se encuentran los más bellos y exuberantes arrecifes de barrera cubanos. Su estudio sistemático y ecológico se desarrolló durante los años 1987 y 1988 y en él se abarcan casi todos los grupos animales y vegetales de nuestra fauna marina, tanto los sésiles como los vágiles.

Sobre estos últimos solo se contaba hasta el presente con los resultados de Martínez-ESTALELLA (1983) y los obtenidos en el arrecife de Punta del Este, Isla de la Juventud, donde se realizó un estudio ecológico sobre la fauna bentónica del lugar y del cual se derivaron distintos artículos sobre la distribución de peces, poliquetos y moluscos (VALDÉS-MUÑOZ, 1981; IBARZÁBAL, 1985 y ALCOLADO Y CORTÉS, 1987).

El presente artículo trata sobre la distribución de la macroinfauna bentónica de los sustratos blandos y rocosos de tres arrecifes de barrera de la costa SW cubana. La fauna del sustrato arenoso se estudió de forma preliminar en un trabajo que se realizó a modo de prospección en esta misma zona (IBARZÁBAL, en prensa), en cambio los resultados que se muestran aquí sobre la criptofauna son los primeros que se obtienen en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en tres arrecifes de la plataforma SW de Cuba, el de Cayo Juan García, al SW del Golfo de Batabanó (21° 59' 30" N, 84° 39' 30" W); el de Cayo Cantiles (21° 35' 04" N, 81° 57' 04" W) y el de Diego Pérez (22° 21' 00" N, 81° 31' 00" W), situados al S y al E respectivamente del ya citado Golfo (Fig. 1).

En cada uno de éstos se situaron 9 estaciones en un perfil perpendicular a la barrera que se extendió desde la laguna arrecifal hasta 25 m de profundidad en la pendiente externa, (Fig. 1).

Para la fauna del sustrato blando se situaron dos estaciones en la laguna arrecifal (1 y 1-A), la primera en el seibadal denso que cubre el centro de la misma y la segunda más cercana a la barrera donde la vegetación se empobrece y aparecen parches de arena limpia. Las estaciones 2, 4, 5, 6, 7 y 9 corresponden en cada arrecife a la zona trasera, la zona de embate, la explanada abrasiva (en 5 m) y la pendiente externa en 10, 15 y 25 m de profundidad. El sedimento de la barrera arrecifal no se pudo muestrear por la dificultad de llegar con los equipos de muestreo hasta las pequeñas pocetas de arena que se encuentran en el centro de la misma.

Las muestras de sedimento se tomaron con una draga de succión acoplada a un botella de aire comprimido operada por medio de buceo autónomo. Este método modificado por IBARZÁBAL (1987), fue utilizado con buenos resultados en biotopos arenosos y seibadales, pero su mayor ventaja en los muestreos en arrecife, ya establecida por otros autores (THOMASSIN, 1978) es posibilitar la toma de muestras en los estrechos canales de arena de la pendiente externa, donde cualquier otro muestreador resulta casi imposible de utilizar de forma eficaz. Las muestras se tomaron dentro de un área de 0,1 m² y se colectaron 5 réplicas en cada estación en los meses de febrero (invierno) y julio (verano) de 1987.

En el caso de la criptofauna, se muestrearon las mismas estaciones, con la diferencia de que en la laguna arrecifal no se distinguieron dos localidades sino que se colectaron las

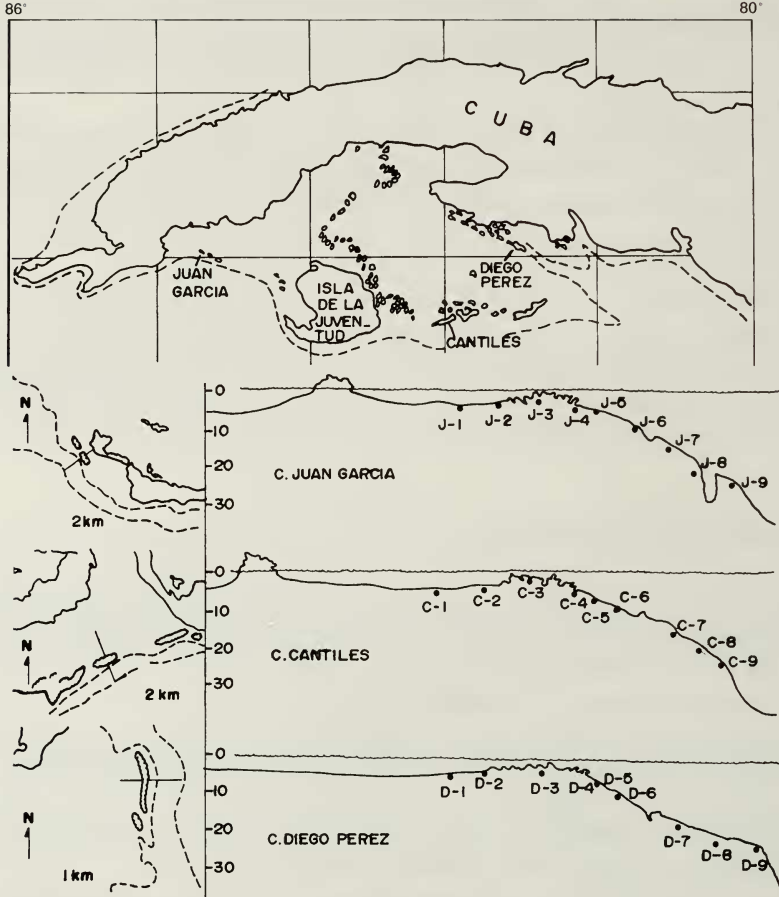


Fig. 1. Mapa de la ubicación de las estaciones en los tres arrecifes.
 Fig. 1. Map of studied reefs showing the transects and stations sampled.

pedras coralinas que se encuentran presentes en toda su extensión (est. 1), por otra parte, en la meseta arrecifal (est. 3) se tomaron fragmentos de *Acropora palmata* muerta y la última estación de la pendiente externa se hizo en 20 m de profundidad (est. 8).

Las colectas se realizaron en febrero y julio de 1988, mediante buceo autónomo, desprendiendo con un cincel y un martillo los pedazos de las rocas coralinas que forman los camellones, los cabezos coralinos y la meseta arrecifal. En algunas localidades se tomaron las piedras coralinas dispersas en el fondo.

Se tomaron 10 muestras en cada estación, cada una de ellas con un volumen que varió entre 300 y 1200 ml, haciendo un volumen total para cada estación entre 3,4 y 9,9 l. Sobre este aspecto CLAUSADE (1970), calculó 1 dm³ como volumen mínimo de muestreo, aunque HUTCHINGS (1978), plantea que el volumen puede variar de acuerdo a las características de cada habitat.



Fig. 2. Método para la extracción de los organismos de la criptofauna en artesas de cristal.
Fig. 2. *Method for the extraction of cryptofauna in laboratory glass containers.*

Cada muestra se colectó en sacos de tela que se sellaron inmediatamente y se llevaron al laboratorio donde a cada fragmento de roca se le desprendieron las esponjas, las ascidias y los gorgonáceos. Posteriormente cada uno de ellos se fraccionó en 4 ó 5 pedazos más pequeños, los cuales se colocaron rápidamente sobre una malla metálica de 2,5 cm de abertura dentro de artesas de cristal de 5 y 7 l de capacidad llenas de agua de mar (Fig. 2). Se midió el volumen desplazado por la piedra y se le agregó a cada artesa 40 ml de formol al 4% por cada litro de agua que contenía. A continuación se cubrieron con polietileno y se dejaron en reposo hasta el día siguiente en el que se extrajeron los pedazos rocosos y se revisaron cuidadosamente para desprender los animales aún adheridos a su superficie como algunas anémonas y poliquetos que morían antes de salir completamente de sus galerías.

Las artesas se lavaron y su contenido se pasó por un tamiz de 1 mm de abertura. Los animales se separaron y se conservaron en alcohol al 70 % con glicerina para su posterior identificación. Posteriormente a modo de comprobación se desmenuzaron los pequeños fragmentos de roca y de esta forma se obtuvieron algunos sipunculidos y bivalvos perforadores, los cuales penetran muy profundo en la piedra, del resto de los grupos no se encontró ningún animal. Este método es recomendable por su facilidad en comparación con el fraccionamiento de las piedras con cincel y martillo utilizado por la mayoría de los autores, el cual resulta en ocasiones agobiante además del daño que causa a los organismos los cuales quedan a veces indeterminables. Con respecto a los métodos de colecta y procesamiento de muestras y datos, HUTCHINGS (1978, 1986) se ha referido a la necesidad de

estandarizar éstos con el fin de hacer comparables los resultados de diferente regiones. Los trabajos realizados hasta el momento muestran gran variedad en los métodos utilizados (PEYROT-CLAUSADE, 1974, 1979; HUTCHINGS, 1974; HUTCHINGS Y WEATE, 1977; REICHELTL, 1979), por lo que es difícil establecer criterios de abundancia en los estudios cuantitativos.

Para la caracterización de cada arrecife se tomaron muestras de sedimentos para el análisis del contenido de materia orgánica por el método de GRIGG Y KIWALA (1970) y el tipo de sedimento y tamaño de la partícula (Md). Se tomaron además los valores del índice de agitación del agua (IAA), basado en el método propuesto por ALCOLADO (1981).

Los animales se separaron por grupos taxonómicos y se pesaron con el fin de obtener los valores de densidad y biomasa. Esta última se obtuvo en peso seco, después de colocar los organismos en una estufa a 80°C durante 24 horas.

Est.	Md (mm)	Tipo de sedimento	IAA	MOP
J. Garcia				
1	0,13-0,73	arena fina- arena gruesa	-	0,30-0,60
2	0,51-2,69	arena gruesa- grava media	98	0,10-0,30
3	0,48	arena media	-	—
4	0,82-2,69	arena gruesa- grava media	100	0,00-0,10
5	0,45-1,77	arena gruesa- grava fina	99	0,10
6	0,44-0,67	arena media- arena gruesa	79	0,10-0,30
7	0,39-0,86	arena media- arena gruesa	43	0,20-0,40
8	0,38-0,79	arena media-arena gruesa	5	0,46-0,40
9	0,61-1,00	arena gruesa-grava fina	4	0,10-0,40
Cantiles				
1	0,16-0,58	arena fina-arena gruesa	-	0,10-0,35
2	0,20-0,43	arena fina-arena media	4	0,00-0,30
3	0,47	arena media	-	—
4	0,26-2,53	arena media-grava fina	79	0,00-0,10
5	0,65-1,30	arena gruesa-grava fina	71	0,00
6	0,71-0,86	arena gruesa	24	0,00
7	0,44-0,78	arena media- arena gruesa	9	0,10-0,20
8	0,52-0,55	arena gruesa	4	0,30-0,35
9	0,98-1,16	arena gruesa- grava fina	-	0,30-0,50
Diego Pérez				
1	0,18-0,48	arena fina- arena gruesa	-	0,30-1,00
2	0,25-0,65	arena fina- arena gruesa	21	0,25-0,90
3	0,35	arena media	-	—
4	0,49-0,84	arena media- arena gruesa	33	0,00-0,10
5	0,40-1,08	arena media- grava fina	25	0,00-0,20
6	0,41-1,04	arena media- grava fina	17	0,10-0,20
7	0,11-0,91	arena media- arena gruesa	9	0,10-0,50
8	0,30-1,22	arena media- grava fina	1	0,20-0,45
9	0,32- 0,80	arena media- arena gruesa	-	0,20-0,50

Tabla 1. Valores del diámetro medio de la partícula (Md), el tipo de sedimento, el índice de agitación del agua (IAA) y el contenido de materia orgánica en los sedimentos (MOP).

Table 1. Values of median diameter of the sand particle (Md), type of sediment, agitation index of water (IAA) and content of organic matter in sediment (MOP).

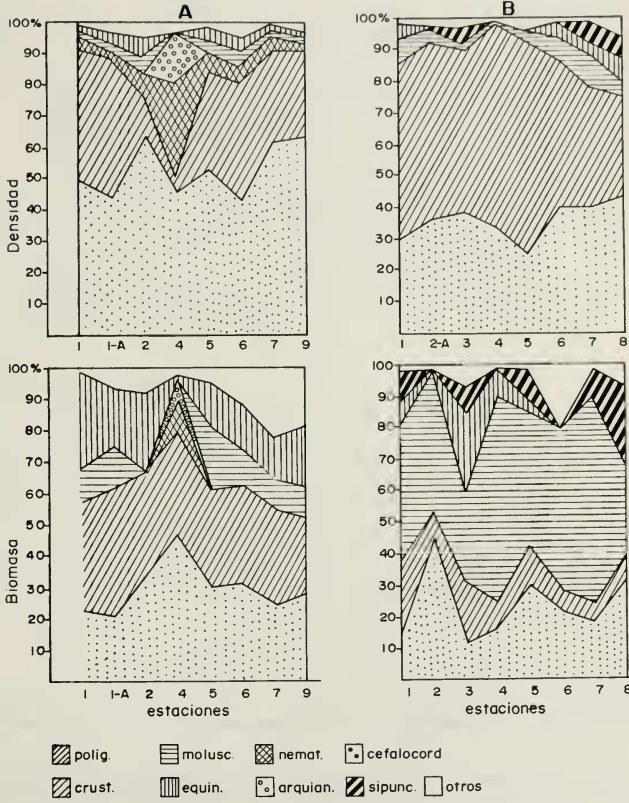


Fig. 3. Composición de la fauna vágil en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Juan García.

Fig. 3. *Composition of the vagile fauna in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along the transect in Juan García reef.*

Los valores de abundancia se ubicaron en la escala de Frontier (FRONTIER E IBÁÑEZ, 1974). Se utilizó el Índice de Asimetría (I.A.) propuesto por ARECES Y MARTÍNEZ-IGLESIAS (en este número) para establecer la equitatividad comunitaria en ambos sustratos. Las pruebas de significación se realizaron con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (SIEGEL, 1974).

RESULTADOS

Arrecife de Cayo Juan García

Descripción del arrecife.

El arrecife de cayo Juan García, se encuentra en el borde SW del Golfo de Batabanó, por donde sale una fuerte corriente que trae consigo las aguas enriquecidas pro-

Grupo taxonómico	Sustrato arenoso			Sustrato rocoso		
	I	II	III	I	II	III
Nemátodos	•	•	•			
Arquianélidos	•					
Escafópodos		•				
Cefalocordados	•		•			
Poliquetos	•	•	•	•	•	•
Bivalvos	•	•	•	•	•	•
Gasterópodos	•	•	•	•	•	•
Poliplacóforos	•		•	•	•	•
Sipuncúlidos	•		•	•	•	•
Picnogónidos	•	•	•	•	•	•
Ostracodos	•	•	•	•	•	•
Cumáceos	•	•	•	•	•	•
Tanaidáceos	•	•	•	•	•	•
Isopodos	•	•	•	•	•	•
Anfípodos	•	•	•	•	•	•
Braquiuros	•	•	•	•	•	•
Carideos	•	•	•	•	•	•
Anomuros	•	•	•			•
Ofiuros	•	•	•	•	•	•
Equinoideos	•	•	•	•	•	•
Holoturoideos	•	•	•			•
Peces	•	•	•	•	•	•
Actinias				•	•	•
Estomatópodos				•	•	•
Copepodos				•		•
Cefalópodos				•		•
Asteroideos						•

Tabla 2. Presencia de los grupos taxonómicos encontrados en los sustratos arenoso y rocoso en las tres zonas del perfil estudiado. I- laguna arrecifal, II- zona trasera, meseta y zona de embate, III- pendiente externa.

Table 2. Presence of taxonomic groups founded in sandy and rocky substrates in the three zones of studied transect. I Reef lagoon, II Back reef, reef crest and high spur zone of fore reef, III Outer reef slope.

venientes de la macrolaguna del Golfo (POPOWSKI Y BORRERO, 1989 y en prensa; FABRÉ, 1985) (Fig. 1).

Este es un arrecife de barrera, formado en su parte superior por la laguna arrecifal, la zona trasera, la meseta y la zona de embate y en su parte inferior por la pendiente externa (Fig. 1).

Presenta en general altos índices de agitación, que traen como consecuencia gran inestabilidad en los sedimentos, los cuales presentan grandes variaciones granulométricas temporales sobre todo en las zonas más bajas del arrecife. Por otra parte el contenido de materia orgánica de los sedimentos es elevado por el aporte que recibe de la macrolaguna del golfo. La sedimentación es muy intensa y se observa hasta en las zonas más profundas (Tabla 1).

La laguna arrecifal, esta formada por un seibadal de *Thalassia testudinum* con algas verdes, entre las que se destacan *Halimeda simulans* y *Penicillus capitatus*. En el sedimento arenoso hay abundantes cascajos y piedras coralinas sobre las que se desarrolla una

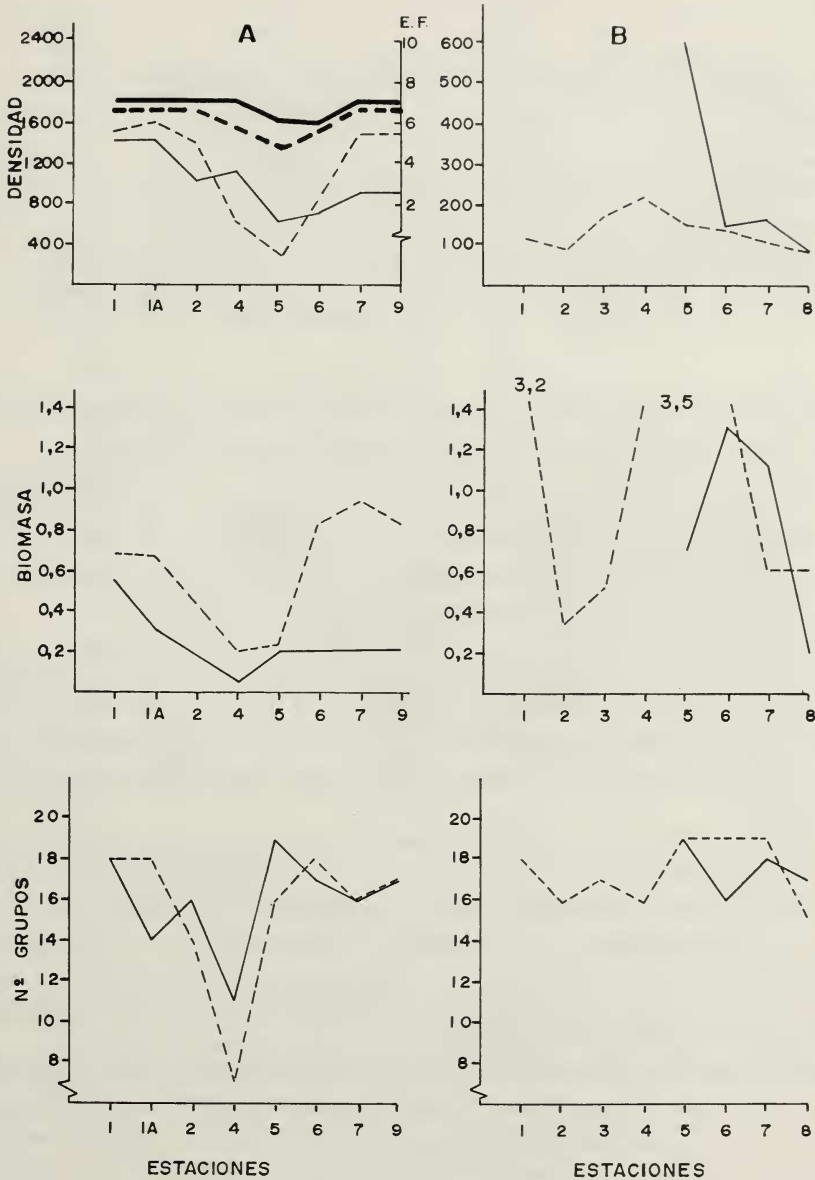


Fig. 4. Abundancia de la fauna en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Cayo Juan García. Las líneas continuas (—) representan los datos del muestreo de invierno (febrero), y las discontinuas (- - -) el de verano (julio). Las líneas gruesas representan los valores de la Escala de Frontier (E.F.).

Fig. 4. Abundance of fauna in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along the transect in Juan García reef. Continue line (—) represent winter sampling (february) and discontinue line (- - -) represent summer sampling (july). Gross line represent Frontier Scale values (EF).

	J. García p	Cantiles p	D. Pérez p
invierno	0,217	0,055	0,478
verano	0,001	0,001	0,014

Tabla 3. Valores de p obtenidos con la prueba U de Mann-Whitney aplicada a los valores del Índice de Asimetría (IA) para comparar la infauna con la criptofauna. ($\alpha = 0,05$)

Table 3. Values of "p" obtained with U Mann-Whitney test, applied to Asimetric Index Values (IA) in order to compare infaune and cryptofaune abundance. ($\alpha = 0,05$).

abundante fauna sésil. En la medida en que se acerca a la barrera, *Thalassia* comienza a disminuir en densidad, se acortan sus hojas y se observan dispersos *Penicillus*.

La zona trasera es un área arenosa de escasa profundidad (1-2,5 m), donde se levantan cabezos coralinos entre parches de *Thalassia* muy pobre, que alternan con arena y sustrato rocoso. Están presentes las algas *Dyctiota dichotoma*, *Halimeda* sp. y *Amphiroa* sp.. Aunque tiene la protección de la barrera, esta zona es muy agitada, sobre todo en épocas de vientos fuertes como los "sures" y la entrada de sistemas frontales del norte.

La meseta arrecifal de cayo Juan García es pequeña, está constituida por un conglomerado macizo, aplanado, de coral muerto (*Acropora palmata*) cubierto de algas. La profundidad varía desde el centro hacia los bordes entre 0,5 y 1 m. En toda la zona hay abundantes restos de corales y masas de *Halimeda* spp. en las cavidades rocosas. Es una zona muy movida, afectada por un oleaje muy fuerte que produce intensa abrasión y sedimentación.

Hacia el exterior de la meseta arrecifal se encuentra la zona de embate, que alcanza entre 2 y 4 m de profundidad. Esta es una zona donde el sedimento arenoso alterna con parches de sustrato rocoso. Se hacen notar colonias muy grandes de *A. palmata*, cuyos pedazos muertos se encuentran distribuidos en el fondo de toda el área. La casi ausencia de gorgonáceos propios de este biotopo pone de manifiesto que la zona está expuesta a un batimiento muy severo, el cual provoca gran inestabilidad en los sedimentos, cuya capa superficial se observa en constante movimiento.

La parte inferior del arrecife comienza con una explanada abrasiva entre 4 y 7 m de profundidad, formada por un fondo llano con algas filamentosas que se encuentran cubiertas de arena. Se observan pequeñas y escasas pocetas de arena donde el sedimento alcanza poco espesor. Son abundantes los fragmentos de corales entre aislados cabezos coralinos de pequeño tamaño.

A partir de la explanada abrasiva la pendiente externa va incrementando la profundidad de forma irregular, con elevaciones y depresiones en forma de canales transversos cubiertos de arena.

En la zona de 10 m, el relieve del fondo está formado por camellones anchos y bajos, entre los que se encuentran canales de arena. El sustrato rocoso se observa cubierto de algas filamentosas y una capa muy fina de sedimento.

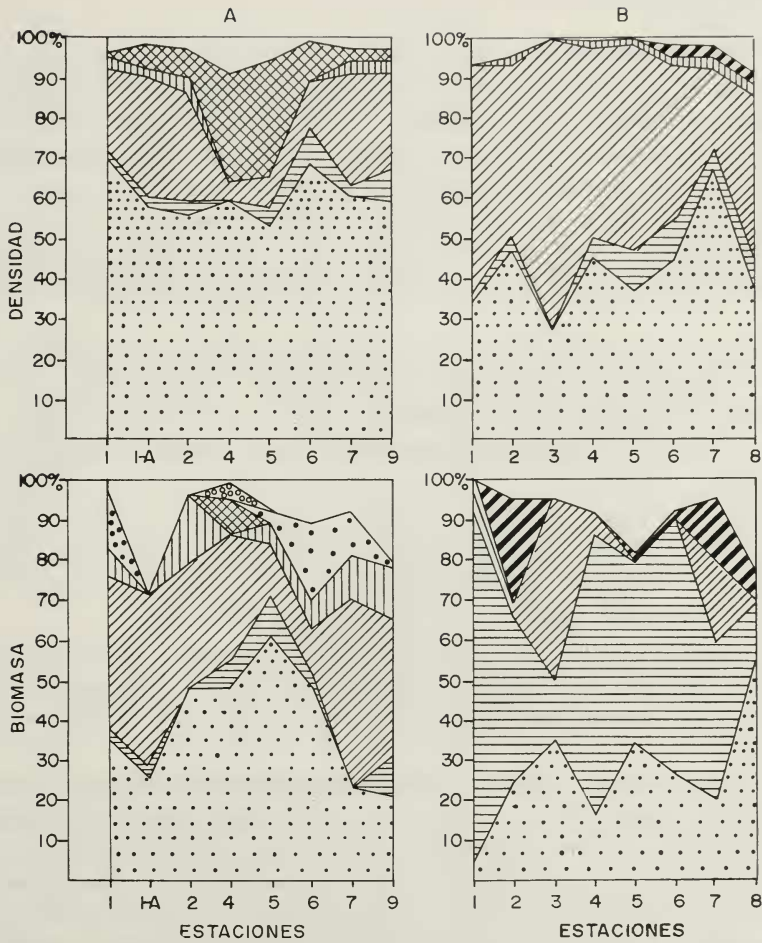


Fig. 5. Composición de la fauna vágil en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil de Cayo Cantiles. La simbología es la misma que se utilizó en la Fig. 3.
Fig. 5. *Composition of vagile faune in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along Cayo Cantiles transect. Simbology is the same as in Fig. 3*

En 15 m, los camellones son anchos y alternan con canales de arena profundos (casi 2 m), donde se acumula ésta en una capa gruesa. La superficie rocosa aparece con una ligera y homogénea capa blanca debida a la intensa sedimentación.

La zona comprendida entre 20 y 25 m es muy semejante a la anterior, los camellones son anchos y los canales de arena profundos. La pendiente es suave, por lo que la arena se acumula en cantidades considerables en los cangilones y cubre el sustrato rocoso con una capa muy leve dándole aspecto “nevado”.

Distribución de la fauna

Sustrato blando

En el sedimento arenoso de este arrecife el grupo taxonómico dominante fue el de los poliquetos. Los crustáceos codominaron en las estaciones de la laguna arrecifal y en algunas localidades de la pendiente externa. Este grupo que está bien representado en los sedimentos arrecifales sufre una fuerte disminución de su abundancia en la zona de embate, posiblemente debido a la inestabilidad de los sedimentos producida por el fuerte oleaje. Los nemátodos y arquiannelidos elevaron sus densidades en la zona de embate. Estos últimos grupos deben tener mayor resistencia a la ya mencionada inestabilidad del sedimento producida por el fuerte oleaje de esta zona. (Fig. 3 A).

En biomasa en cambio ningún grupo en específico se mostró como dominante. Varios de éstos tuvieron igual aporte a la biomasa total, los cuales a su vez no coinciden en las diferentes localidades y épocas. Esto está dado por el carácter variable de éste parámetro y su relación con la talla y estructura de los animales que componen cada grupo taxonómico (Fig. 3 A).

La densidad, la biomasa y el número de grupos que componen el macrobentos en el sustrato suave tiende a disminuir paulatinamente desde la laguna arrecifal, donde se encontraron las mayores densidades hacia la zona trasera, la de embate y la explanada abrasiva exterior, a la que corresponden los menores valores (Fig. 4 A).

En la zona trasera, se comienza a sentir el efecto del océano y la disminución de la protección que brindan los seibadales a la infauna, por lo que los organismos estrechamente relacionados con el sedimento se ven muy afectados con la inestabilidad del mismo.

Esta disminución de la densidad se hace notable en la zona de embate y en la profundidad de 5 m (Fig. 4 A), donde los valores al ser ubicados en la escala de Frontier ocupan el rango menor. Es notable que la densidad fue menor en la explanada abrasiva (5 m), a pesar de que la turbulencia y el batimiento son mayores en la zona de embate, donde se alcanza el mayor índice de agitación. En este caso hay que tener en cuenta que el espesor de la capa de sedimento es mucho mayor en esta última localidad, donde hay gran acumulación de arena producida por el efecto del oleaje contra la barrera. Esto permite que los organismos puedan enterrarse más profundamente en el sedimento, cosa que no ocurre en la explanada abrasiva donde la arena está localizada en las pequeñas depresiones del sustrato rocoso.

En la laguna arrecifal, así como en las zonas más profundas del arrecife (15 y 25 m) se obtuvieron los mayores valores de densidad y biomasa, siendo siempre más altos en la época de verano (Fig. 4 A).

En la laguna arrecifal, la protección del cayo y la meseta por un lado y el desarrollo del seibadal por otro, ayudan a fomentar una infauna abundante que cuenta con suficiente materia orgánica y estabilidad en el sedimento donde se desarrolla.

En las zonas más profundas del arrecife, el índice de agitación disminuye considerablemente, lo que trae como consecuencia una mayor estabilidad en los sedimentos que propicia el establecimiento y desarrollo de la fauna del sustrato particulado.

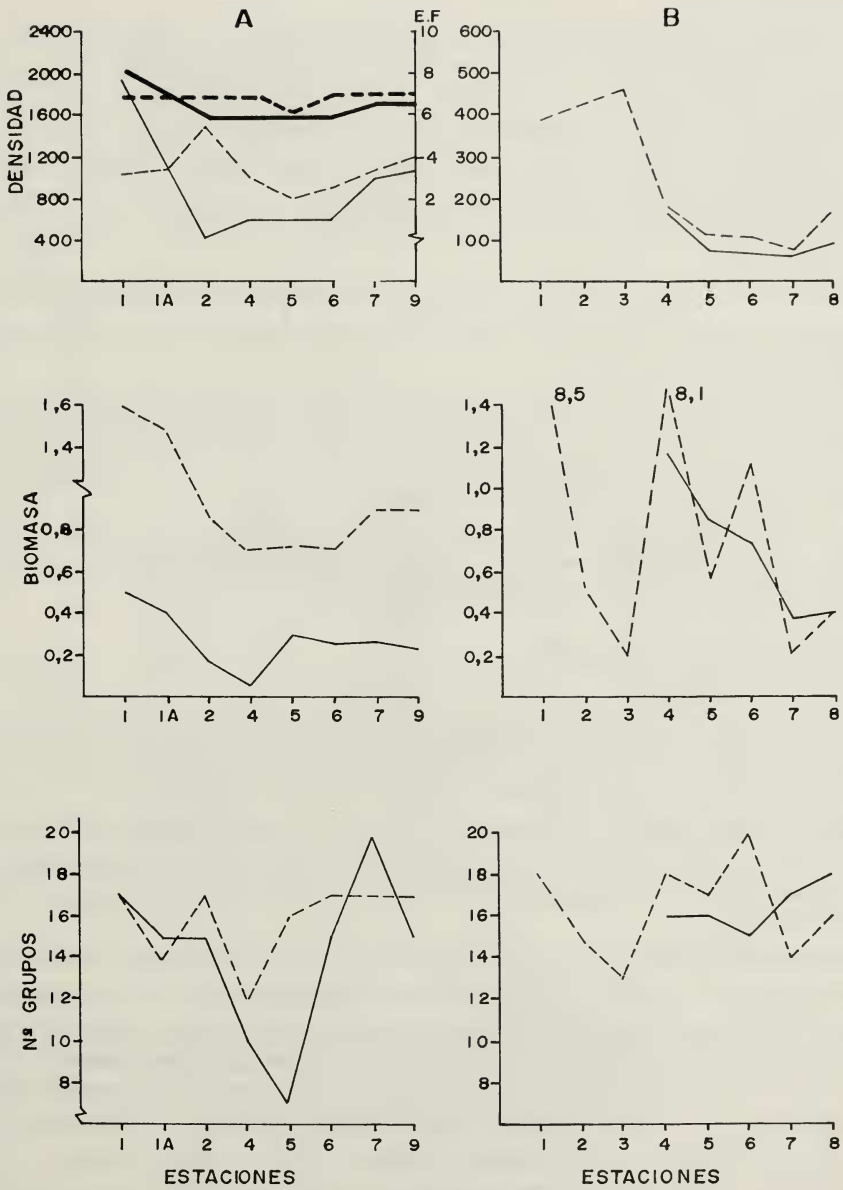


Fig. 6. Abundancia de la fauna en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil de Cayo Cantiles. Se utiliza las misma simbología de la Fig. 4.

Fig. 6. Abundance of benthic infauna in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along Cayo Cantiles transect. Simbology is the same as in Fig. 4.

Sustrato rocoso.

La composición de la criptofauna presentó ligeras diferencias en comparación con la infauna del sustrato blando. Se observaron anémonas, cefalópodos y estomatópodos mientras que no se encontraron nemátodos, arquianélidos, escafópodos y cefalocordados. Los grupos presentes se mantuvieron desde las zonas bajas hasta las más profundas.

Los poliquetos y los crustáceos son los grupos codominantes numéricamente, los cuales mantienen sus abundancias con pocas variaciones a lo largo de la transección. En cuanto a la biomasa, hay dominancia entre poliquetos y moluscos o codominan ambos grupos. (Fig. 3 B).

La densidad de la fauna del sustrato rocoso, de forma opuesta a lo que sucede en el sustrato blando, presentó los mayores valores en la zona de embate, la meseta arrecifal y la explanada abrasiva (Fig. 4 B).

Este comportamiento lo vemos de forma acentuada en la estación 5 (explanada abrasiva) en febrero (Fig. 4 B). En esta época las condiciones ambientales fueron particularmente adversas y sin dudas las cavidades rocosas son un buen refugio para algunos grupos afectados por el constante lavado de los sedimentos.

La biomasa tuvo bruscas variaciones entre una estación y otra, lo que puso de manifiesto una fauna variable tanto en la talla como en la composición de los grupos. El número de grupos se mantuvo con pocas variaciones. (Fig. 4B).

Arrecife de Cayo Cantiles.

Descripción del arrecife.

El arrecife de cayo Cantiles, se encuentra al S del Golfo de Batabanó, frente al cayo que le da nombre. Su lejanía de la Isla de Cuba y de la Isla de la Juventud hace que la influencia terrígena sobre éste sea pobre (Fig. 1).

Hacia el E de Cantiles se encuentra cayo Rosario, y juntos forman una extensa laguna arrecifal separadas por la pasa Cantiles-Rosario, que la une a la macrolaguna del Golfo de Batabanó y por donde se produce un fuerte intercambio entre las aguas interiores y las del arrecife.

El arrecife es de tipo barrera, está formado en general por las mismas zonas ecológicas mencionadas en el arrecife de Juan García, con algunas diferencias en su estructura.

Presenta altos índices de agitación del agua aunque algo menores que los de Juan García, la inestabilidad del sedimento se agudiza en las zonas más bajas y externas del arrecife, lo que trae como consecuencia gran variabilidad temporal de la partícula de sedimento. Los procesos de sedimentación están presentes y la escasa influencia terrígena que recibe contribuye a que el contenido de materia orgánica de sus sedimentos sea baja.

La laguna arrecifal es muy extensa debido a la gran longitud de la barrera y a la distancia a que se encuentra ésta del cayo. Su fondo está cubierto por un seibadal de densidades pobres y medias de *T. testudinum* y tiene una profundidad media de 2,5 m. Sobre éste se observaron restos de *Strombus gigas* y piedras coralinas.

En la zona más cercana a la barrera se presentan algunos parches de arena, el seibadal se empobrece y *T. testudinum* tiene las hojas más cortas. Son abundantes los restos de corales entre la vegetación.

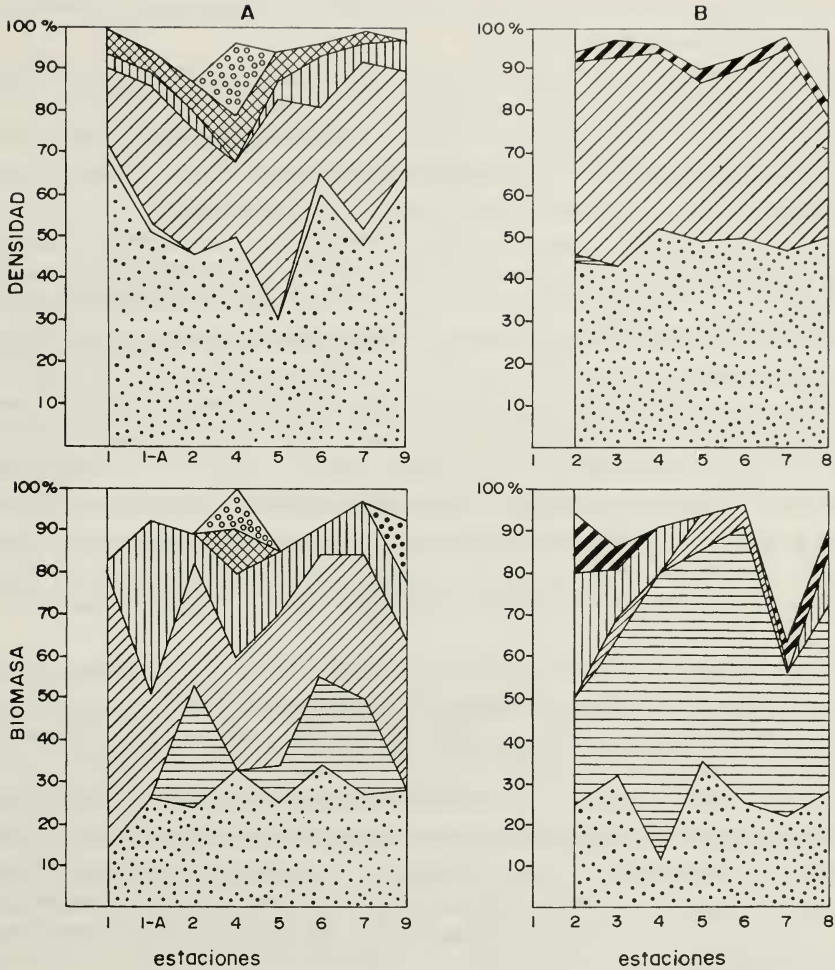


Fig. 7. Composición de la fauna vágil en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Diego Pérez. Se utiliza la misma simbología de la Fig. 3.
Fig. 7. *Composition of vagile faune in soft bottom (A) and in rocky substrate along Diego Pérez reef transect. Simbology is the same as in Fig. 3.*

La zona trasera es un área arenosa protegida por la meseta arrecifal, donde emergen conglomerados coralinos con abundante fauna sésil y algas filamentosas. Su profundidad está entre 0,5 y 2 m. En el sustrato arenoso hay pequeños parches de *Thalassia* muy escasa y de hojas muy cortas.

La barrera arrecifal de cayo Cantiles es mucho más ancha y menos profunda que la de Juan García, su profundidad promedio está entre 0 y 0,5 m. Está formada por una explanada rocosa central de *A. palmata* muerta, la cual alcanza grandes dimensiones y buen de-

sarrollo coralino hacia las zonas de embate y la trasera. Hay una fuerte acción del océano que produce sedimentación y abrasión.

El fondo de la zona de embate está cubierto por una capa de arena que se acumula en las depresiones del sustrato rocoso. La profundidad es de 2 a 4 m. *A. palmata* es abundante y se conjuga con el gorgonáceo *Gorgonia flabellum*, especie muy resistente al oleaje casi constante de esta zona. La gran actividad de sedimentación y el batimiento hacen que el fondo arenoso se esté renovando y moviendo constantemente.

A continuación de la zona de embate comienza la explanada abrasiva, la cual presenta un fondo casi horizontal, entre 4 y 7 m, con escaso relieve, que forma pequeñas depresiones donde se acumula el sedimento. Se observa cierta sedimentación que se pone de manifiesto en la leve capa blanquecina que cubre las piedras coralinas y las algas filamentosas presentes en el fondo.

En la pendiente externa, por debajo de los 7 m, las formaciones coralinas se presentan desordenadas, formando numerosos promontorios con cavidades arenosas entre ellos. En la zona de 10 m, el fondo rocoso presenta un relieve irregular, sobre el cual se levantan columnas coralinas de diversos tamaños, algo erosionadas en la base. Entre ellas hay grandes pocetas donde se deposita la arena formando una capa de gran espesor en cuya superficie es posible observar "ripple marks", lo que demuestra que todavía a esta profundidad es notable la acción del oleaje sobre el sedimento. Se observa también cierta sedimentación.

En 15 m, el fondo es similar al anterior, pero más irregular. En las pocetas del sustrato rocoso se deposita la arena en una capa gruesa y no se observaron las marcas de la acción del agua sobre la superficie del sedimento. La superficie rocosa muestra señales de sedimentación al presentar una capa blanca muy leve sobre ella.

Entre 20 y 25 m, el fondo es similar al de las estaciones anteriores, se observan entre los conglomerados coralinos depósitos de sedimento alargados, como filones o canales muy irregulares de poca longitud. En algunos de estos depósitos se observa en la superficie arenosa una fina capa amarillenta debida posiblemente a la presencia de microalgas. Se mantiene el proceso de sedimentación presente en 10 y 15 m, lo que produce eventualmente poca visibilidad.

Después de 20 m, la pendiente aumenta considerablemente hasta un canal transversal entre 30 y 40 m, donde se acumula la arena con abundantes fragmentos de *Halimeda*. Este canal se separa del arrecife profundo por una barrera rocosa en forma de cresta (umbral), que sube hasta 29-35 m, para descender luego hasta la zona batial.

Distribución de la fauna

Sustrato suave

El grupo dominante en abundancia numérica fue el de los poliuetos, (Fig.5 A). Los nemátodos presentaron mayores densidades en las zonas bajas del arrecife, desde la zona trasera hasta los 5 m de la pendiente externa y comienzan a disminuir posteriormente hasta desaparecer en 25 m. No sucedió lo mismo con los arquianélidos presentes, los cuales no tuvieron abundancias relevantes. A su vez hay una disminución de los crustáceos en las zonas de mayor batimiento (est. 4 y 5) y su posterior aumento en las zonas pro-

fundas. En biomasa dominaron los poliquetos y en ocasiones crustáceos y equinodermos (Fig. 5 A).

La densidad y la biomasa mostraron los mayores valores en julio. Ambos parámetros presentaron una tendencia a disminuir en las zonas del arrecife de mayor tensión hidrodinámica. Este comportamiento se hace más acentuado en febrero, lo que se manifiesta al ubicar los valores en la escala de Frontier y éstos ocupan el menor rango desde la zona trasera hasta la profundidad de 10 m, (Fig. 6 A). Como se explicó en la descripción del arrecife en esta última localidad se observaron "ripple marks" en la superficie de los sedimentos, lo que da una medida de que aún en esta profundidad la agitación del agua afecta el fondo.

En julio las condiciones ambientales son menos severas y la disminución se hace significativa en la explanada abrasiva (Fig. 6 A), donde a la acción del oleaje se le añade la escasa cantidad de sedimento depositado en las depresiones del sustrato.

En las zonas más profundas se observó un incremento de la fauna, tanto en abundancia numérica como en biomasa, lo que evidencia mayor estabilidad ambiental, dada por la disminución del índice de agitación y la poca variabilidad temporal de los sedimentos.

El número de grupos taxonómicos sufre una disminución notable en la zona de embate similar a la ocurrida en Juan García, aunque en éste caso el menor número de grupos se obtuvo en la explanada abrasiva (Est. 5), durante la época invernal (Fig. 6 A).

Sustrato rocoso

La composición de la fauna críptica es similar a la de Juan García. Están presentes numerosos grupos que se mantienen a lo largo de la transección, con ligeras diferencias con la fauna de la arena.

Los poliquetos y crustáceos codominaron numéricamente, (Fig. 9). La disminución notable de este último en las zonas de embate y la explanada abrasiva no se observó en este habitat. Esto sugiere, una vez más, que las cavidades rocosas del arrecife son un buen refugio para la fauna vágil y que más que el oleaje y el batimiento la fauna está afectada por el lavado constante del sedimento y la inestabilidad en el tamaño de la partícula.

En biomasa hay codominancia de moluscos y poliquetos, aunque en algunas estaciones la biomasa total está compartida de forma similar entre los grupos presentes (Fig. 5 B).

La densidad total presentó sus valores más altos en la meseta arrecifal, desde donde comienza un descenso hacia la pendiente externa donde alcanza cierta estabilidad, (Fig. 6 B). La biomasa tuvo un carácter muy fluctuante, lo que sugiere como en los resultados obtenidos en Juan García una fauna compuesta por grupos con grandes diferencias morfológicas. Dentro de las grandes variaciones observadas se puede señalar una tendencia a disminuir en las zonas más profundas. El número de grupos también presentó variaciones (Fig. 6 B).

Arrecife de Cayo Diego Pérez

Descripción del arrecife.

El arrecife de Diego Pérez está localizado en el borde E del Golfo de Batabanó, frente al Golfo de Cazones (Fig.1).

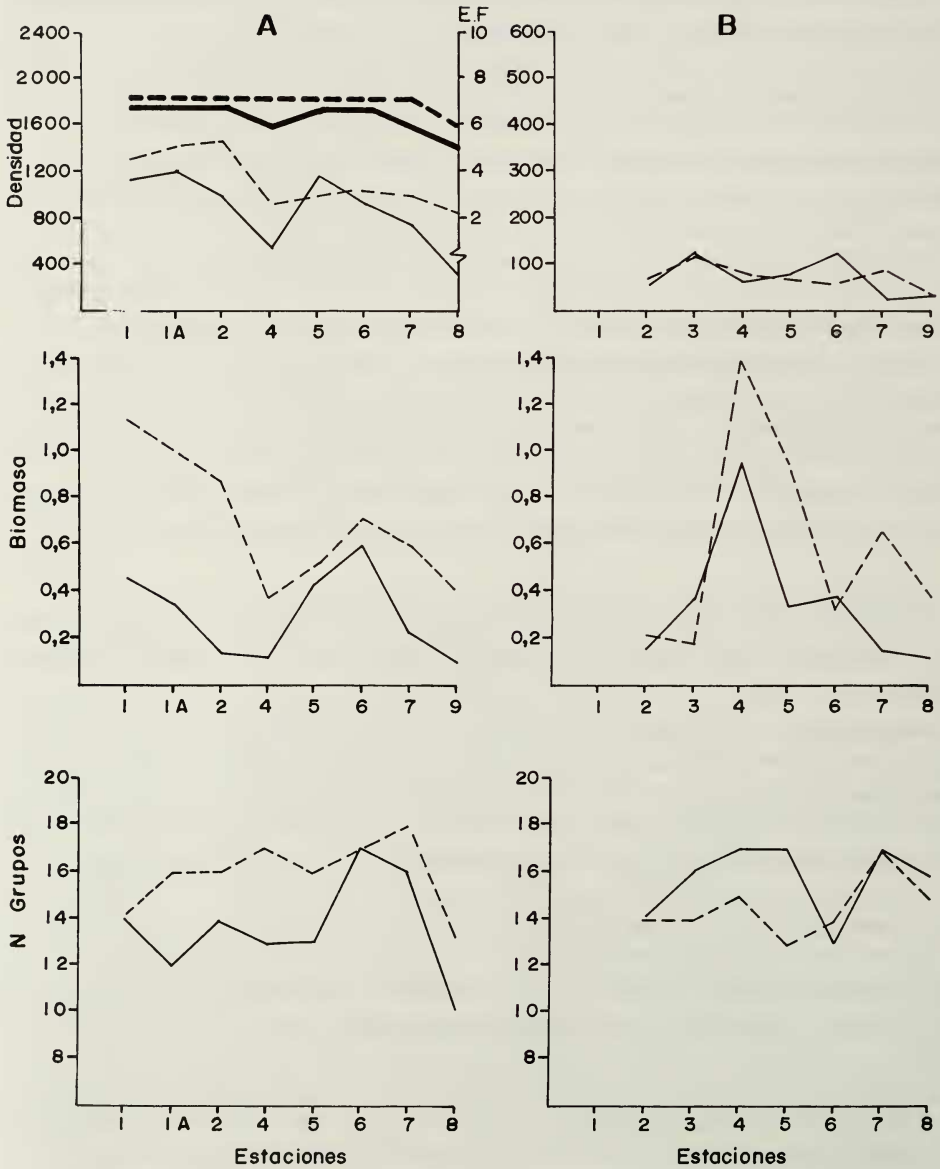


Fig. 8. Abundancia de la fauna en el sustrato blando (A) y en el rocoso (B) a lo largo del perfil del arrecife de Diego Pérez. Se utiliza la misma simbología de la Fig. 4.

Fig. 8. Abundance of benthic infauna in soft bottom (A) and in rocky substrate (B) along Diego Pérez reef transect. Symbology is the same as in Fig. 4.

Su cercanía con la Isla de Cuba, hace que este arrecife tenga una situación más protegida que los de Juan García y Cantiles, lo que atenúa las condiciones hidrodinámicas de la zona y como consecuencia de esto los índices de agitación del agua son menores y la estabilidad del sedimento es mayor. Por otra parte recibe una notable influencia terrígena, acentuada por las áreas de manglares y ciénagas de la Península de Zapata, lo que contribuye a los altos valores de la materia orgánica del sedimento (Tabla 1).

El arrecife de Diego Pérez es también del tipo de barrera y está compuesto por las mismas zonas descritas anteriormente.

La laguna arrecifal presenta un fondo arenoso entre 1,5 y 2 m, con densidad media de *T. testudinum*. La arena se acumula en una gruesa capa que alcanza más de 1,5 m en algunos lugares. El seibadal se empobrece en las proximidades de la barrera arrecifal, en toda su extensión aparecen restos de *S. gigas* y es notable la ausencia de piedras coralinas sueltas.

La zona trasera presenta menos de 1m de profundidad, su fondo es arenoso, con vegetación muy escasa, rodeado de cabezos coralinos irregulares y corales aislados sobre los que se desarrolla una abundante fauna sésil. La arena alcanza poco espesor sobre el fondo rocoso. Hay abundantes restos de *A. palmata* y piedras coralinas. En algunos lugares más alejados de la barrera crece *T. testudinum* en muy baja densidad y con las hojas muy cortas junto a *Penicilum* y *Halimeda*.

La barrera arrecifal de Diego Pérez es una explanada rocosa muy baja, compuesta fundamentalmente por *A. palmata* muerta, entre 0 y 0,5 m que casi alcanza el nivel de la superficie del mar en su parte central. Entre los conglomerados rocosos hay colonias coralinas aisladas y a diferencia de los arrecifes anteriores se observaron con cierta frecuencia ejemplares de *Diadema antillarum* refugiados en las oquedades de las rocas.

En la zona de embate hay un gran desarrollo de *A. palmata* y *A. cervicornis*. Los gorgonáceos son abundantes en el sustrato rocoso y entre ellos predominan las especies poco resistentes a la turbulencia, lo que presenta a esta zona con menos batimiento que las homólogas de Juan García y Cantiles. Entre los conglomerados coralinos hay deposiciones de arena con abundantes restos de corales en su superficie.

La pendiente externa presenta una explanada abrasiva a partir de la zona de embate hasta los 7-8 m. Es una pendiente muy suave, casi llana, semejante a la de los arrecifes Juan García y Cantiles pero con cabezos coralinos y conglomerados rocosos de mayor tamaño y abundancia de fauna sésil. También se observaron ejemplares de *D. antillarum* en las cavidades rocosas. La arena se encuentra en una capa más o menos delgada en grandes extensiones que se acumula en mayor cantidad en las depresiones del fondo. Hay abundantes algas filamentosas entremezcladas con el sedimento y cubriendo las piedras coralinas sueltas.

A partir de la explanada abrasiva el fondo tiene una estructura coralina compleja, muy viva e irregular que se acrecienta con la profundidad.

En 10 m, el fondo baja en una pendiente suave, donde alternan cabezos coralinos, sustrato rocoso llano, corales y pocetas de arena donde se acumulan abundantes restos de *A. cervicornis*. Se observan evidencias de gran sedimentación por el aspecto "nevado" del sustrato rocoso.

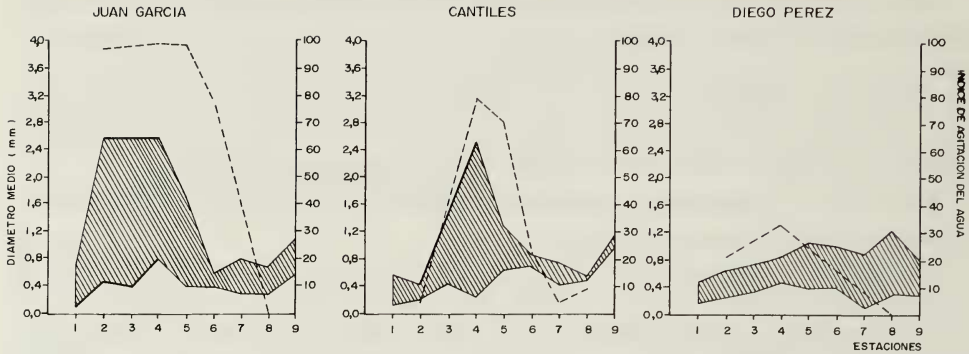


Fig. 9. Variaciones del tamaño de la partícula de sedimento (zona rayada) y curva del índice de agitación del agua IAA (línea discontinua) a lo largo del perfil de cada arrecife.

Fig. 9. Variations in size particle of sediment (bared zone) and water agitation index, IAA (discontinue line) along the transect of each studied reef.

En la profundidad de 15 m, el fondo es semejante al descrito anteriormente, con mayor complejidad en el relieve rocoso, en la cobertura de algas que es muy densa y en la fauna sésil que es más rica. En las cavidades y depresiones del fondo se acumula la arena donde también hay abundancia de restos de *A. cervicornis*. La sedimentación es menos intensa que en la estación anterior.

La zona ubicada entre 20 y 25 m es una pendiente moderada, más inclinada a partir de los 20 m hasta un gran canal arenoso transverso sobre el que se elevan complicados promontorios coralinos altos, muy irregulares, con abundante fauna sésil. En este canal se observa una cresta rocosa que se eleva a 18 m y que los separa del arrecife frontal profundo. Hay surcos de arena muy irregulares y la sedimentación es más atenuada.

Distribución de la fauna

Sustrato suave

La presencia de los grupos en el sustrato arenoso es similar a todo lo largo del perfil. Los poliquetos fueron dominantes en número en la mayoría de las localidades. Los crustáceos presentaron densidades altas con las cuales en ocasiones codominaron con el grupo anterior (Fig. 7 A). Los nemátodos y arquianélidos aumentaron sus abundancias en las zonas de mayor tensión hidrodinámica aunque no con igual intensidad que en los arrecifes de Juan García y Cantiles. Por otra parte aquí no se observó la disminución de los crustáceos ocurrida en estas áreas en los arrecifes anteriores. En biomasa no se observó ningún grupo marcadamente dominante, (Fig. 7A).

Los valores de la densidad se mantienen con pocas variaciones en la parte superior del arrecife. Solo se apreció una disminución apreciable por la escala de Frontier en la zona de embate en la época invernal, (Fig. 8 A).

Los bajos índices de agitación encontrados en este arrecife traen como consecuencia condiciones ambientales menos severas, lo que proporciona a su vez mayor estabilidad en

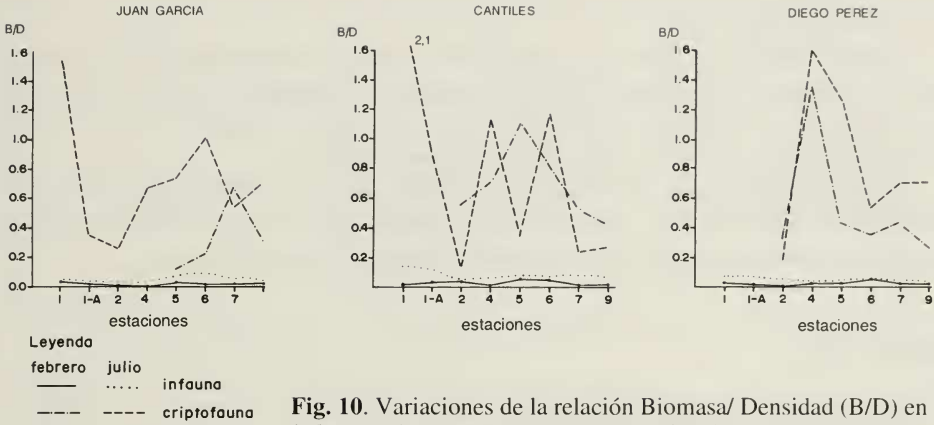


Fig. 10. Variations of biomass/density rate (B/D) in infaunal organisms in soft bottom and cryptic organisms in rocky substrate.

los sedimentos, por otra parte, el aporte de aguas enriquecidas que eleva el contenido de materia orgánica en los sedimentos (Tabla 1), deben ser la causa de una mayor estabilidad en la abundancia y composición de la infauna en esta parte del arrecife.

En las zonas más profundas (est. 7 y 9), en cambio, a pesar de que el ambiente es más favorable y constante que en la zona externa y superior del arrecife, no se observó el aumento de la densidad que ocurrió en Juan García y Cantiles, sino que la misma disminuye, (Fig. 8 A). En este caso una mayor presión de depredación debe ser la principal causante de este comportamiento, ya que ni la inestabilidad del sedimento, ni el contenido de materia orgánica del mismo presentaron valores que pudieran limitar la abundancia faunística.

La biomasa tuvo una tendencia similar a la de los arrecifes anteriores hasta la profundidad de 10 m. En 15 y 25 m (est. 7 y 9), disminuyó igual que la densidad debido a la ausencia o la disminución de grupos de alto peso corporal como los moluscos y crustáceos decápodos, (Fig. 8 A).

El número de grupos también disminuyó en las localidades más profundas, no así en las zonas de mayor batimiento (Fig. 8 A).

Sustrato rocoso

Como en los arrecifes anteriores, los grupos taxonómicos presentes en el sustrato rocoso se mantienen presentes a lo largo del perfil y presentaron algunas diferencias con los encontrados en el sedimento (Fig. 7 B).

Generalmente los poliquetos codominaron con los crustáceos en densidad. En biomasa dominaron los moluscos en la mayoría de las estaciones y en ocasiones codominaron con los poliquetos (Fig. 7 B).

El número de grupos y la densidad total presentaron muy pocas variaciones, manteniendo esta última valores relativamente bajos. La biomasa por su parte, ofreció las va-

riaciones propias de este tipo de fauna ya explicada en los arrecifes anteriores, aunque menos bruscas, (Fig. 8 B).

El bajo índice de agitación del agua, aún en zonas ecológicas donde el batimiento fuerte es habitual (como la zona de embate, la meseta y la explanada abrasiva) proporciona a este arrecife cierta estabilidad ambiental. Esto trae como consecuencia la presencia de una comunidad más estable en las zonas de mayor tensión.

El débil aumento de la densidad de nemátodos por una parte y la permanencia de considerables cantidades de crustáceos en el sustrato suave sin que aumenten en el rocoso por otra, son el reflejo de la estabilidad ambiental antes mencionada.

DISCUSIÓN

Comparación de los tres arrecifes

Los tres arrecifes presentaron diferencias globales en la tensión hidrodinámica a la que están sometidos. Por otra parte su situación dentro del Golfo de Batabanó y la influencia terrígena u oceánica que reciben, hacen que la distribución de la materia orgánica en los sedimentos sea diferente en cada uno de ellos. Estos factores son de gran importancia en la distribución y abundancia de la macroinfauna.

El arrecife de Juan García recibe de la macrolaguna del Golfo una corriente de agua enriquecida (POPOWSKI Y BORRERO, 1989 y en prensa) lo que le proporciona altos valores de materia orgánica en sus sedimentos, sin embargo, se presentó como el más afectado por el embate oceánico, lo que se refleja en los altos índices de agitación del agua (Tabla 1, Fig. 9). En las zonas bajas ésto trae como consecuencia una gran inestabilidad de los sedimentos y variaciones temporales del tamaño de la partícula, las cuales son notables entre la zona trasera y los 5 m y se presentan aún en las zonas protegidas por la barrera. Estas variaciones disminuyen paulatinamente hacia las zonas más profundas (Fig. 9).

En cayo Cantiles, de forma similar pero menos acentuada, la acción aceánica también ejerce su influencia en el arrecife. En este caso su lejanía de tierra y la escasa importación de nutrientes que puede recibir de la macrolaguna del Golfo hace que los valores de materia orgánica acumulada en el sedimento sean bajos, particularmente en las zonas de menos profundidad y mayor batimiento. GÓMEZ, IBARZÁBAL Y SILVA-LEE (1980) e IBARZÁBAL (1990) localizan una extensa zona con bajas densidades de macrofauna bentónica en el norte de los cayos Cantiles y Rosario. PLANTÉ, ALCOLADO, MARTÍNEZ-IGLESIAS E IBARZÁBAL (1989), demuestran que los sedimentos de este arrecife están menos reducidos que los de Juan García y Diego Pérez y que este hecho está íntimamente ligado a la extensa zona del Golfo de Batabanó que se encuentra detrás de los cayos con muy escasa vegetación de *T. testudinum*, bajo contenido de materia orgánica y poco plancton.

Los altos índices de agitación del agua en este arrecife presentaron mayores valores en la zona de embate y la explanada abrasiva, provocando alteraciones temporales en el tamaño de la partícula semejantes a los de Juan García pero sin variar tanto en la pendiente externa (Fig. 9).

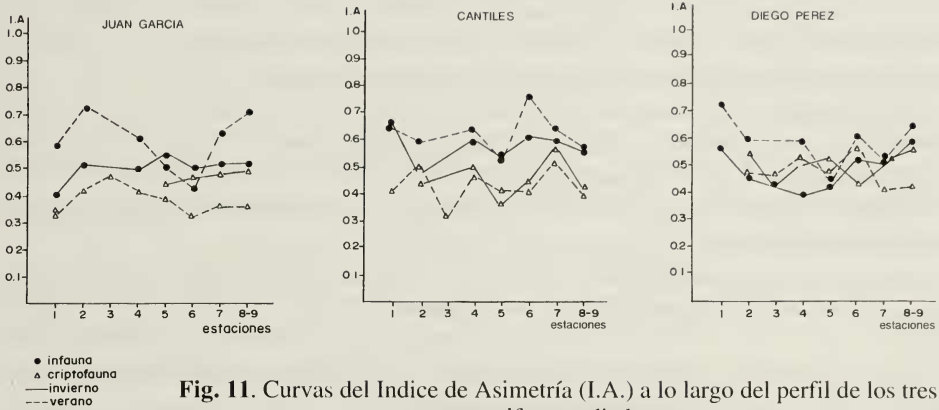


Fig. 11. Curvas del Índice de Asimetría (I.A.) a lo largo del perfil de los tres arrecifes estudiados.

Fig. 11. *Asymmetric Index curves (IA) along the transect of each studied reef.*

La situación más protegida que presentó el arrecife de Diego Pérez y su cercanía a las costas cenagosas de la Península de Zapata hace que esté menos afectado por la tensión hidrodinámica y que presente un contenido de materia orgánica relativamente alto en sus sedimentos. PLANTÉ ET AL. (1989), presentan al arrecife de Diego Pérez como el más reducido de los tres estudiados, cuyo estado de oxidación está determinado por la importación de materia orgánica y las condiciones hidrodinámicas y sedimentológicas de la zona. Los índices de agitación del agua son los menores de los tres arrecifes y el tamaño de la partícula se mantiene a lo largo del perfil sin los grandes cambios observados en las zonas agitadas de Juan García y Cantiles (Fig. 9).

Según MARTÍNEZ-ESTALELLA Y HERRERA (inédito), los arrecifes de Juan García y Cantiles están sometidos a una mayor tensión y eso se demuestra en los valores de la diversidad, la equitatividad y la densidad de corales escleractíneos obtenidas. Estos autores opinan que la poca favorabilidad ambiental señalada puede estar determinada por el elevado grado de tensión hidrodinámica y la escasa inclinación del fondo marino que lleva como resultado la adsorción de gran cantidad de energía del oleaje produciendo condiciones ambientales severas como abrasión y sedimentación. En el arrecife de Diego Pérez este efecto disminuye debido a la inclinación del fondo marino.

Grupos taxonómicos y abundancia faunística

Los grupos taxonómicos encontrados en los tres arrecifes son muy similares dentro de cada habitat, con algunas diferencias entre la fauna del sustrato blando y la del rocoso. (Tabla 2).

En el sustrato particulado son dominantes los poliquetos y los crustáceos, entre los que se destacan anfípodos e isópodos. THOMASSIN (1969) encontró resultados similares en la fauna presente en las arenas coralinas arrecifales de Tulear, la cual está compuesta por 34 % de poliquetos, 28 % de crustáceos, 28 % de moluscos y 5 % de equinodermos y en-

tre los crustáceos dominan los anfípodos con 58 % del total. Por su parte YOUNG Y YOUNG (1982), estudiaron la comunidad de invertebrados bentónicos de los sedimentos de la laguna arrecifal de Carrie Bow, Belize y encontraron que los poliquetos y los moluscos son los principales componentes de la macrofauna de ese lugar (51 %).

Es notable que la disminución ocurrida en el número de grupos presentes en la zona de embate de los arrecifes de Juan García y Cantiles, no se apreció en Diego Pérez, como se mostró en la Figs. 4, 6 y 8. Esto es atribuible a que la tensión hidrodinámica atenuada de éste último no afecta de igual forma a las especies que son sensibles al batimiento y la inestabilidad del sedimento.

En general, los trabajos donde se evalúa la abundancia de la fauna vágil en el sustrato particulado de los arrecifes no son abundantes por la complejidad de la toma de muestras entre otros aspectos. THOMASSIN (1973), ofrece datos sobre la distribución y composición de la fauna del arrecife de Tulear en sus zonas internas, este autor encontró densidades muy variables (9-250 ind/50 dm³) en la duna sumergida de arena y (103-283 ind/50 dm³) en la parte más interna del arrecife, cercana a tierra. En el arrecife de Punta del Este, situado también en la plataforma SW, IBARZÁBAL (1985) encontró una fauna muy variada y abundante en los sedimentos de las zonas interiores, más bajas y protegidas del arrecife, la cual se empobrece a partir de la zona de embate hacia la pendiente externa.

En cuanto a la densidad y biomasa de los arrecifes estudiados, éstas mostraron tendencias parecidas, aunque con particularidades propias de las condiciones ambientales de cada uno de ellos. Como tendencia se observó una disminución de la abundancia en el sedimento arenoso en las zonas superiores del arrecife, que se mantiene en el transepto con mayor notoriedad en Juan García y Cantiles por ser los más expuestos. Esta disminución se hizo notable en Diego Pérez solo en la zona de embate en la época invernal, cuando los vientos del E-NE fueron muy fuertes. Este comportamiento de la infauna y la uniformidad de la distribución de la criptofauna a través del arrecife hace pensar que el efecto del batimiento y por tanto del lavado del sedimento no es tan crítico en este arrecife.

Sin embargo ALLEN Y MOORE (1987), demostraron que los grupos faunísticos y sus datos de presencia o ausencia reflejan de forma más real los niveles de tolerancia a la inestabilidad del sedimento que los datos de abundancia faunística. Por otra parte, ningún grupo es característico de sedimentos inestables solamente. En general, estos autores concluyen que, los animales sedentarios y tubícolas dominan en lugares estables y los errantes en localidades expuestas e inestables.

El aumento de la abundancia en las zonas profundas de los arrecifes de cayo Juan García y Cantiles, producida por una mayor estabilidad del sedimento, la disminución de la tensión hidrodinámica y el aumento del contenido de la materia orgánica, no se observó en Diego Pérez. En este caso los efectos de la depredación parecen prevalecer sobre este aumento. La densidad de peces bentófagos en estas localidades tuvo valores superiores en Diego Pérez (0.68-0.86 ind/m²) que en Juan García (0.36-0.60 ind/m²) y Cantiles (0.35-0.48 ind/m²), (GARCÍA-ARTEAGA, com. pers.). De hecho, los bajos valores en la densidad y la biomasa total de la fauna en las estaciones de 15 y 25 m (est. 7 y 9), están dadas mayormente por la disminución de éstas en grupos como los poliquetos,

moluscos y crustáceos, los cuales son el alimento principal de las familias de peces bentófagos presentes en mayor abundancia en estos arrecifes.

YOUNG Y YOUNG (1982), plantean que el principal mecanismo que regula la densidad y diversidad de las especies del macrobentos arrecifal es la depredación constante a que está sometida. Estos autores encontraron altas densidades de macrobentos, (12,167-16,750 ind/m²) sin diferencias significativas entre fondos de seibadal y los de arena coralina sin vegetación cercanos a la barrera, por lo que consideran la función estabilizadora de *T. testudinum* en un segundo plano como factor influyente en la abundancia de la infauna.

En Diego Pérez, sin embargo la disminución de la densidad en el sustrato blando no es notable excepto en la zona de embate y la abundancia de la criptofauna presentó una uniformidad a través del arrecife que hace pensar que aquí el efecto del batimiento y por lo tanto del lavado del sedimento no es tan crítico.

HUTCHINGS Y WEATE (1977), plantean que el mayor componente de la criptofauna lo constituyen especies oportunistas que utilizan las cavidades de las rocas a su conveniencia. Las condiciones ambientales severas a que están expuestas las zonas superiores del arrecife conducen a que los animales busquen refugio, a veces eventuales, en el sustrato rocoso.

Otro factor que influye en la abundancia de la criptofauna es la naturaleza de la piedra colonizada. HUTCHINGS (1974 y 1978) y HUTCHINGS Y WEATE (1977), plantean que los fragmentos porosos y aplanados de coral constituyen el sustrato que soporta la mayor biomasa de criptofauna. Las piedras colectadas en la zona trasera, la de embate y la meseta arrecifal fueron fragmentos de *A. palmata* muerta, con características similares a las mencionadas anteriormente, lo que justifica desde otro punto de vista las mayores abundancias en estas zonas.

La ausencia de trabajos sobre la criptofauna en Cuba, no permitió establecer criterios reales de pobreza o riqueza con los resultados obtenidos en estos arrecifes. Por otra parte los estudios realizados en otros lugares presentan grandes diferencias en los métodos utilizados, por lo que resulta difícil una comparación.

La mayoría de los autores limitan sus trabajos al grupo de los poliquetos, por ser el más representativo y abundante entre los invertebrados que componen la fauna críptica. Tomando algunos de estos datos, obtenidos con métodos semejantes a los nuestros como son los de BRANDER *ET AL.* (1971) en las costas de Kenya (9.49 ± 4.62 ind/l) y en el Océano Indico (7.45 ± 5.25 ind/l) y los de Reichelt (1979) en la gran barrera de coral de Australia (28 ind/l en la grava coralina debajo de los corales muertos y 683 ind/l en la piedra calcárea) podemos hacer algunas comparaciones con las densidades de poliquetos obtenidas en los arrecifes estudiados; (32,2-127,5 ind/l) en Juan García, (29,8-136,4 ind/l) en Cantiles y (19,7-45,5 ind/l) en Diego Pérez y concluir que las abundancias encontradas por nosotros son moderadas.

Relación entre la biomasa y la densidad

Por otra parte, resulta imposible la comparación entre las abundancias de la fauna de los dos sustratos estudiados, ya que las unidades de muestreo son diferentes, (ind/m² en el sustrato particulado e ind/l en el rocoso). Sin embargo, en la razón de la biomasa con la den-

sidad (B/D), hallada para cada tipo de fauna, se obtuvo una serie de valores que pueden reflejar en cierta medida la importancia de cada una de ellas en el biotopo arrecifal.

Las diferencias en la composición faunística presente en los dos sustratos se puso de manifiesto con valores muy altos y variables en el caso de la criptofauna, como producto de una fauna de gran variabilidad morfológica, mayor tamaño y peso corporal, la cual cambia de composición de una localidad a otra ya que tiene a su disposición espacios pequeños y grandes donde refugiarse (Fig. 10).

Esto no sucede con la fauna del sedimento, que debe estar compuesta por especies de tamaño pequeño y uniforme para ocupar los espacios intersticiales entre los granos de arena y moverse a través de la capa de sedimento.

Se debe resaltar que estas fluctuaciones de la fauna crítica en el arrecife de Diego Pérez adquieren un comportamiento casi paralelo a lo largo del perfil entre las dos épocas del año muestreadas, lo que sugiere mayor estabilidad en la criptofauna de este arrecife, la cual debe estar compuesta mayormente por especies propias de las cavidades rocosas y en menor grado por las eventuales. Esto indirectamente es el resultado de la menor tensión a la que está expuesto este arrecife, cuyo sustrato rocoso no recibe en el mismo grado que Juan García y Cantiles las especies de la arena sensibles al batimiento.

Equitatividad de la comunidad vágil arrecifal

El Índice de Asimetría refleja la equitatividad comunitaria, sus valores van de 0 (distribución equitativa) a 1 (máxima asimetría).

En invierno la equitatividad se presenta de forma moderada, con muy pocas diferencias entre la fauna del sustrato suave y el rocoso (Fig. 11), lo que es una manifestación en cierta medida de la estrecha relación que existe entre ellas sobre todo en esta época.

En verano, aunque el comportamiento de ambas curvas es muy similar, hay mayores diferencias entre los dos tipos de faunas y la asimetría alcanza sus valores más elevados en la infauna de la arena (Fig. 11).

En la Tabla 5 se observan los valores de p obtenidos con la prueba U de Mann-Whitney aplicada a los valores del I.A. en los dos tipos de fauna estudiados. En invierno no se observó diferencia significativa entre ambas, mientras que en verano sí. La estrecha relación entre los animales infaunales con el tipo de sedimento y la estabilidad del tamaño de la partícula se pone de manifiesto. En invierno el fuerte batimiento pone en movimiento la capa superficial de arena y homogeniza de esta forma el sedimento, eliminando las fracciones más pequeñas y con ella la parte de la fauna más pequeña y delicada, a la vez que se mezclan los dos tipos de faunas. En estas localidades hay dominancias de especies intersticiales de arquiánélidos, nemátodos y el poliqueto *Armandia maculata* el cual es propio de arenas gruesas y lavadas (PETTIBONE, 1982). En verano las condiciones ambientales más benévolas, producen mayor estabilidad y particularidad en el establecimiento de las comunidades.

DEAN Y CONELL (1987) plantean que la complejidad estructural del habitat conlleva al aumento de la riqueza de especies y de la abundancia. ARECES Y MARTINEZ-IGLESIAS (en este número) en un trabajo sobre la fauna bentónica asociada a algas, encontraron que al

aumentar la complejidad estructural de las algas (algas de mayor tamaño) el índice de asimetría era menor y aumentaba la equitatividad.

En el caso de los sustratos rocoso y arenoso, el primero de ellos presenta mayor diversidad de hábitats donde la fauna encuentra tanto cavidades grandes como pequeñas para refugiarse, esto conlleva, según lo planteado anteriormente por estos autores, a que la comunidad de la criptofauna sea más equitativa y los valores de sus índices de asimetría sean menores que los de la infauna, como sucede en este caso en ambas épocas del año (Fig. 11).

CONCLUSIONES

La situación geográfica que ocupa cada uno de los arrecifes estudiados determina las diferencias en las condiciones ambientales a que están sometidos y que son las responsables de las variaciones cualitativas y cuantitativas de la fauna vágil.

Los arrecifes de Juan García y Cantiles, al estar situados en el borde SW y S de la plataforma, reciben con mayor intensidad el efecto del oleaje oceánico y de los vientos del sur, provocando gran afectación sobre todo en las zonas superiores del arrecife. El arrecife de Diego Pérez al ocupar una posición SE en el Golfo de Batabanó y estar cerca de la isla de Cuba, recibe la protección y el aporte terrígeno de la Ciénaga de Zapata, a su vez la forma estrecha y alargada del Golfo de Cazones no ejerce una acción oceánica tan fuerte como a la que están sometidos los dos arrecifes anteriores (menor "fetch" del viento).

La gran intensidad de la agitación del agua presentes en Juan García y Cantiles trae como consecuencia la inestabilidad del sedimento, el cual afecta directamente la fauna del sustrato particulado sobre todo en los lugares de mayor embate. A esto se le agrega en Cantiles el escaso contenido de materia orgánica en estas zonas y la pobre reducción de los sedimentos, lo que hace que la fauna presente valores bajos de densidad en un área extensa del perfil. En Diego Pérez, donde los índices de agitación son menores la fauna presentó mayor estabilidad tanto en el sustrato blando como en el rocoso.

Las zonas más profundas de los arrecifes de Juan García y Cantiles mostraron un aumento de la abundancia faunística al aumentar la estabilidad del sedimento y el contenido de materia orgánica, no sucedió así en Diego Pérez donde parece prevalecer un efecto de depredación.

Los valores de la biomasa siempre fueron mayores en julio, lo que indica un mayor tamaño de los organismos colectados en esta época. Por otra parte, a la criptofauna pertenecen especies de variado tamaño y composición morfológica pero predominando los animales de tamaño considerable, en cambio en el sustrato arenoso encontramos especies pequeñas y con pocas variaciones.

En el sustrato rocoso la fauna presente tuvo cierta dependencia de la fauna del sedimento sobre todo en las zonas de mayor batimiento de los arrecifes de mayor tensión hidrodinámica. En estos lugares varios grupos de la infauna buscaron refugio en las cavidades rocosas elevándose de esta forma la abundancia numérica de la criptofauna de estas localidades.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCOLADO, P. M. 1979. Estructura ecológica de las comunidades de esponjas de un perfil costero de Cuba. *Cien. Biol.*, 3:105-127.
- ALCOLADO, P. M. 1981. Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bentos. *Inf. Cient. Tec.*, 187:1-43.
- ALCOLADO, P. M. 1985. Estructura ecológica de las comunidades de esponjas de Punta del Este, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 38:1-65.
- ALCOLADO, P. M. 1989. Estructura ecológica de las comunidades de esponjas del arrecife del Rincón de Guanabo, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 10:1-38.
- ALCOLADO, P. M. Y CORTÉS R. 1987. Características de la fauna de gasterópodos de los biotopos de Punta del Este, Isla de la Juventud, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 57: 1-12.
- ALLEN, P. L. Y MOORE, J. J. 1987. Invertebrate macrofauna as potential indicators of sandy beach instability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 24: 109-125.
- ARECES, A. Y MARTÍNEZ-IGLESIAS, J.C. (en este número). Dinámica, estacionalidad y efectos de la epifauna colonizadora sobre el cultivo de la rodoficea *Briothamnion triquetum* (Gmelin) Howe. *Avicennia*, 0: 43-59.
- BRANDER, K.M., MC LEOD, A.A. Y HUMPHREYS, W.F. 1971. Comparison of species diversity and ecology of reef living invertebrates on Aldabara Atoll and Watamu, Kenya. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 28:397-431.
- CLAUSADE, M. 1970. Importance et variation du peuplement mobile des cavités au sein des formations épircifales et modalités d'échantillonnage en vue de son évaluation. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume, Suppl. Hors Serie*, 10:107-109.
- DEAN, P. L. Y CONELL, J. H. 1987. Marine invertebrates in algal succession II. Test of hypotheses to explain changes in diversity with succession. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 109: 217-247.
- FABRÉ, S. 1985. *Zooplankton de la plataforma cubana*. Ph. Dr. Tesis. Universidad de Odesa, URSS. 138 pp.
- FRONTIER, S. E IBAÑEZ, F. 1974. Utilization d'une cotation d'abundance fonde sur une progression geometrique pour l'analyse des components princeipes en ecologie planctonique. *Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 14(3):217-274.
- GÓMEZ, O., IBARZÁBAL, D. Y SILVA-LEE, A. 1980. Evaluación cuantitativa del bentos en la región suroccidental de Cuba. *Inf. Cient. Tec. Acad. Cien. Cuba*, 149:1-25.
- GRIGG, R.W. Y KIWALA, R.S. 1970. Some ecological effectof discharged wastes on marine life. *California Fish Game*, 56(3):145-155.
- HERRERA, A. Y ALCOLADO, P. M. 1986. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el arrecife de Santa Cruz del Norte. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 49:1-27.
- HERRERA, A. Y ALCOLADO, P. M. en prensa. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el arrecife de barrera del Rincón de Guanabo. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*
- HUTCHINGS, P. A. 1974. A preliminary report on the density and distribution of invertebrates living on coral reefs. En: *Proc. Second Int. Coral Reef Symp. Brisbane, Great Barrier Reef Commitee*, 2:285-296.
- HUTCHINGS, P. A. 1978. Non-colonial cryptofauna. En: *D.R. Stoddart and R.E. Johanner (Ed.) Coral Reefs: Research Methods*, 251-263 pp.
- HUTCHINGS, P. A. 1986. Cryptofaunal communities of coral reefs. *Acta Oceanologica SINICA*, 5(4):603-613.
- HUTCHINGS, P. A. Y WEATE, P.B. 1977. Distribution and abundance of cryptofauna from Lysard Island, Great Barrier Reef. *Mar. Res. Indonesia*, 17:99-112.
- IBARZÁBAL, D. 1985. Distribución de los poliquetos bentónicos en el área de Punta del Este, Isla de la Juventud, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 33:1-31.
- IBARZÁBAL, D. 1987. Mejoras en el muestreo de macrobentos con el tubo de succión. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 67:1-7.
- IBARZÁBAL, D. 1990. Características de la macroinfauna en el Golfo de Batabanó. En: *El bentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó*. P. Alcolado (Ed.) Editorial Academia, pp. 113-121.
- IBARZÁBAL, D. en prensa. Características generales de la macrofauna del sustrato blando en tres arrecifes del Golfo de Batabanó, plataforma suroccidental de Cuba. En: *Memorias del Primer Congreso de Ciencias del Mar*, Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba.
- MARTÍNEZ-ESTALELLA, N. 1983. Representantes mas comunes de la flora y la fauna en la comunidad coralina cubana. *Poeyana*, 265:1-31.
- PETTIBONE, M. 1982. Annelida. En: *S.B. Parker, ed., Synopsis and Classification of Living Organisms*. New York, Mc Graw Hill 2:1-43.
- PEYROT-CLAUSADE, M. 1974. Ecological study of coral reef cryptobiotic communities. An analysis of the polychaete cryptofauna. En: *Proc. Sec. Inter. Symp. Coral Reef. Brisbane Great Barrier Reef Comitee*, vol. 2, 269-283 pp.
- PEYROT-CLAUSADE, M. 1979. Contribution a l'etude de la cryptofaune des platiers coralliens de la region de Tulear, Madagascar. *Annuaire de l'Institut Oceanographie de Paris*, 55:71-91.
- PLANTÉ, R., ALCOLADO, P.M., MARTÍNEZ-IGLESIAS, J.C. E IBARZÁBAL, D. 1989. Redox potential in water and sediments of the reef of Batabanó, Cuba. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 28:173-184.
- POPOWSKI, G. Y BORRERO N. 1989. La materia orgánica en suspensión en el Golfo de Batabanó, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol.*, 11, 16 pp.

- POPOWSKI, G. Y BORRERO N. en prensa . Utilización de fijadores en flagelados y su aporte a la concentración del fitoplancton en el Golfo de Batabanó. *Rep. Invest. Inst. Oceanol. Acad. Cien. Cuba*.
- REICHEL, R. 1979. Infaunal polychaetes of reef crest habitats at Heron Island, Geat Barrier Reef. *Micronesica*, 15(1-2):297-308.
- SIEGEL, S. 1974. *Estadística No Paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta*. Editorial Trillas, México, 216 pp.
- THOMASSIN, B. A. 1969. Peuplements de deux biotopes de sables coralliens sur le Grand Récif de Tulear, Sud Ouest de Madagascar. *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume Suppl. Hors Serie*, 9: 59-133.
- THOMASSIN, B. A. 1973. Peuplements des sables fins sur les pentes internes des récifs coralliens de Tulear (SW de Madagascar) Essai d'interpretation dynamique de peuplements de sables mobiles infralittoraux dans une complexe récifal soumis ou non aux influences terrigens. *Thethys*, 5: 157-220.
- THOMASSIN, B.A. 1978. Soft bottom communities. En: *D.R. Stoddart y R.E. Johannes Eds. Coral Reef Research Methods*. 263-298 pp.
- VALDÉS-MUÑOZ, E. 1981. Estructura y diversidad de la ictiofauna de los manglares de Punta del Este, Isla de la Juventud. *Cien. Biol.*, 6: 111-125.
- YOUNG, D. K. Y YOUNG, M. W. 1982. Macrobenthic invertebrates in bare sand and seagrass (*Thalassia testudinum*) at Carrie Bow Cay, Belize. En: *The Atlantic Barrier Reef Ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, I Structure and Communities*. K. Rutzler and I.G. McIntyre, Eds. Smith. Contr. Mar. Sci. 12: 115-126.
- ZLATARSKI, V.N. Y MARTINEZ-ESTALELLA, N. 1981. *Escleractíneos de Cuba*. Edit. Acad. Cien. Bulgaria, 312 pp.